

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. September 2001 (13.09.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/67649 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04B 10/18, G01M 11/00 (74) Anwalt: MÜLLER-BORÉ & PARTNER; Grafinger Strasse 2, 28671 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/00814 (81) Bestimmungsstaaten (*national*): CA, JP, US.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 5. März 2001 (05.03.2001) (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch — vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- (30) Angaben zur Priorität: 100 10 677.3 4. März 2000 (04.03.2000) DE
- (71) Anmelder und (72) Erfinder: BANDEMER, Adalbert [DE/DE]; Gaussstrasse 11, 85757 Karlsfeld (DE).
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING THE PMD OF OPTOELECTRONIC TRANSMISSION LINES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ERFASSUNG DER PMD VON OPTOELEKTRONISCHEN ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

(57) Abstract: The invention relates to a device for detecting the PMD of optoelectronic transmission lines. The inventive device is characterized in that it comprises a narrow-band, tuneable laser, whose illumination is superimposed with the illumination of the transmission line to be analysed and an optoelectronic heterodyne receiver which receives the superimposed signal.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird eine Vorrichtung zur Erfassung der PMD von optoelektronischen Übertragungsstrecken. Die erfindungsgemässe Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass ein schmalbandiger abstimmbarer Laser, dessen Strahlung mit der Strahlung der zu analysierenden Übertragungsstrecke überlagert wird, und ein optoelektronischer Heterodynempfänger vorgesehen sind, der das überlagerte Signal empfängt.

WO 01/67649 A1

Vorrichtung zur Erfassung der PMD von
optoelektronischen Übertragungsstrecken

5

BESCHREIBUNG

10 **Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erfassung der Polarisations-Moden-Dispersion (i. f. PMD) von optoelektronischen Übertragungsstrecken.

15 **Stand der Technik**

Ein bekanntes Verfahren zur Ermittlung der durch Polarisations-Moden-Dispersion (PMD) in optischen Nachrichtenübertragungsstrecken, wie z. B. Faserstrecken hervorgerufenen Verzerrungen bzw. deren Auswirkungen auf
20 die Übertragungsqualität derartiger Strecken ist die Messung der Bitfehlerrate. Diese Methode liefert zwar eine Aussage über die Auswirkung der PMD, jedoch keine Aussagen über die Größe der PMD selbst.

25 Ein anderes bekanntes Verfahren zur Ermittlung der PMD benutzt nach der optoelektronischen Detektion des Nutzs-ignals einen Satz von Hochfrequenzfiltern, um die Phasenverschiebungen ausgewählter Seitenfrequenzen zu bestimmen. Dabei hängt der Aufwand von der Modulations-
30 bandbreite des Nutzsignales ab. Unterschiedliche Bitraten in der digitalen Übertragung erfordern unterschiedliche Filterkombinationen. Es sind üblicherweise nur ca. 3-4 Filter praktikabel. Die Ermittlung der PMD ist

an eine Signaldemodulation gebunden und für nur jeweils ein Nutzsignal möglich.

5 Andererseits besteht ein erhebliches kommerzielles Interesse an der Ermittlung der PMD, um diese beispielsweise mittels geeigneter Kompensationseinrichtungen kompensieren zu können.

Darstellung der Erfindung

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Anordnung zur Ermittlung der PMD anzugeben, die in kurzer Messzeit einen Rückschluss auf die Veränderungen der PMD erlaubt, so dass sie beispielsweise und insbesondere als Bestandteil einer PMD-Kompensationseinrichtung
15 verwendbar ist.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

20

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Messung der Polarisations-Moden-Dispersion in optischen Nachrichtenübertragungsstrecken.

25 Das Spektrum eines digitalen optischen Datensignals hat eine definierte spektrale Breite, die von der Bitrate abhängt. Je höher die Bitrate ist, desto breiter ist das zugehörige Spektrum.

30 Die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der verschiedenen spektralen Anteile mit unterschiedlichen Polarisationszuständen innerhalb der Lichtleitfaser der

Übertragungsstrecke verursachen nach hinreichender
Übertragungslänge Signalverzerrungen, die eine Wieder-
herstellung der digitalen Information unmöglich machen
oder zumindest die Signalqualität nachteilig beeinflus-
5 sen.

Mit Hilfe eines optoelektronischen Heterodynempfängers,
dessen Bandbreite ein Bruchteil des Signalspektrums be-
trägt, wird dieses Spektrum spektral aufgelöst gemes-
10 sen. Man erhält dann Messwerte, die das Leistungsdich-
tespektrum des Empfangssignals widerspiegeln.

Bei dieser optischen Überlagerung hängt die Nutzampli-
tude des elektrischen Überlagerungssignals von den bei-
15 den Signalleistungen, aber auch direkt von den Polari-
sationsrichtungen des einlaufenden Signals und des lo-
kalen Überlagerungslasers ab.

Um die polarisationsunabhängige Leistungsdichte des
20 Eingangsspektrums zu bestimmen, werden zwei orthogonale
Polarisationszustände (SOP= state of polarization) z.B.
des lokalen Lasers für eine optoelektronische Überlage-
rung benutzt. Diese können z.B. die horizontale und die
vertikale Polarisation mit den Vektoren

25

$$(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0); (-1, 0, 0)$$

sein.

30 $SOP_H = (1, 0, 0)$ horizontal
 $SOP_V = (-1, 0, 0)$ vertikal

Die spektrale Verteilung der Gesamtsignalleistung wird unter Benutzung dieser zwei orthogonalen Polarisationszustände ermittelt.

$$5 \quad P_{\text{Ges}}(\lambda) = (P_{\text{UH}}(\lambda) + P_{\text{UV}}(\lambda)) / 2$$

Um die unterschiedlichen Polarisationszustände innerhalb des Empfangsspektrums spektral aufgelöst messen zu können, werden weitere Polarisationsrichtungen benötigt. Dabei ist es vorteilhaft eine unter 45 Grad stehende und eine rechts- oder links-zirkulare Polarisation zu benutzen, z.B.

$$15 \quad \begin{aligned} \text{SOP}_{+45} &= (0, 1, 0) \quad \text{linear, } +45^\circ \text{ schräg} \\ \text{SOP}_R &= (0, 0, 1) \quad \text{rechts-zirkular.} \end{aligned}$$

Das Eingangsspektrum wird nun mit den vorgeschlagenen Polarisationszuständen lokalen Lasers überlagert:

$$20 \quad \begin{array}{llll} & & (S1, S2, S3) \\ \text{SOP}_H &= & (1, 0, 0) & \text{horizontal} \\ \text{SOP}_V &= & (-1, 0, 0) & \text{vertikal} \\ \text{SOP}_{+45} &= & (0, 1, 0) & \text{linear, } +45^\circ \text{ schräg} \\ \text{SOP}_R &= & (0, 0, 1) & \text{rechts-zirkular} \end{array}$$

25 Die Leistung jedes Mischproduktes ist proportional zu dem Produkt aus Eingangsleistung und Lokallaserleistung und einem Faktor k, der die Übereinstimmung beider Polarisationen beschreibt.

$$30 \quad P_u = k * P_E * P_L * a(\Delta \text{SOP})$$

K Konstante
P_E Eingangsleistung

P_L Lokallaserleistung
 $a(\Delta SOP)$ Polarisations-Übereinstimmungsfaktor

Dabei ist der Polarisations-Übereinstimmungsfaktor
 5 $a(\Delta SOP)$ vom relativen Abstand der SOP auf der Poincaré-Kugel abhängig:

$$a(\Delta SOP) = \cos^2(\alpha/2)$$

10 α Winkel zwischen SOP_E und SOP_L auf der Poincaré-Kugel.

Der Amplitudenfaktor $a(\Delta SOP)$ ist maximal 1 bei identischen Polarisationen ($\alpha = 0^\circ$) und 0 für orthogonale Polarisationen ($\alpha = 180^\circ$).
 15

Mit Hilfe der drei Polarisationen

$$(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1),$$

20

die die Stokes-Vektoren S_1, S_2, S_3 repräsentieren, werden daraus die wellenlängenabhängigen normierten Stokes-Parameter $S_1(\lambda), S_2(\lambda)$ und $S_3(\lambda)$ des Empfangssignals ermittelt:

25

$$S_1(\lambda) = P_{UH}(\lambda) / P_{Uges}(\lambda)$$

$$S_2(\lambda) = P_{U+45}(\lambda) / P_{Uges}(\lambda)$$

$$S_3(\lambda) = P_{UV}(\lambda) / P_{Uges}(\lambda)$$

30 Bei jeder Wellenlänge des Eingangsspektrums ist somit die Polarisationsrichtung des ausgefilterten Spektralanteils bestimmt.

$$\text{SOP}_E(\lambda) = [S_1(\lambda), S_2(\lambda), S_3(\lambda)]$$

- Die PMD zeigt nun ihre Auswirkungen darin, dass die
- 5 Strahlung der Datenquelle in zwei Leistungsanteile auf-
gespalten wird, die den Principal States of Polarization {PSP_{in}} am Eingang der Übertragungsstrecke entsprechen. Zwischen beiden, in der Regel verschieden großen Leistungsanteilen tritt eine relative Zeitverzögerung,
- 10 Differential Group Delay {DGD} genannt, auf. Die beiden Leistungsanteile erreichen den erfindungsgemäß ausgebildeten PMD-Monitor mit Polarisationsrichtungen, die den PSP_{out} entsprechen.
- 15 Das Datensignal erleidet durch PMD keine Verzerrungen, wenn die DGD gleich 0 ist, oder die Polarisation der Eingangsstrahlung identisch zu einem PSP_{in} der Übertragungsstrecke ist. In beiden Fällen bleibt die Ausgangspolarisation an Ende der Übertragungsstrecke konstant,
- 20 selbst wenn die Wellenlänge geringfügig variiert.

$$\text{SOP}_E(\lambda) = \text{konst.}$$

- Die verschiedenen Spektralanteile des Signals haben die
- 25 gleiche Polarisation, ihre akkumulierte Polarisationsänderung über das Spektrum ist gleich 0.

- Das Eingangssignal wird jedoch um so stärker verzerrt, je größer die DGD ist und je näher das Leistungsaufteilungsverhältnis auf die beiden PSP_{in} an den Wert 1:1
- 30 kommt:

$SOP_E(\lambda) = \text{variabel}$

Die Messdaten $SOP_E(\lambda)$ liegen für den relevanten Wellenlängenbereich durch die vorangegangenen Berechnungen vor. Diese Daten sind ausreichend, um die Bestimmung der PMD nach der Poincaré (Arc-Angle) Methode durchzuführen. Dabei wird in jedem Punkt der Kurve der Differenzenquotient aus $SOP_E(\lambda) - SOP_E(\lambda + \delta\lambda)$ auf der Poincaré-Kugel und dem dazugehörigen Wellenlängenabschnitt $\delta\lambda$ gebildet. Aus rechentechnischen Gründen kann hier der Übergang zu diskreten Schritten vorteilhaft sein.

$$\begin{aligned}\Delta\tau(\lambda_i) &= \Delta\Omega * \lambda_0^2 / 2\pi * c * \Delta\lambda \\ \Delta\Omega &= \text{arc}(SOP_E(\lambda_i), SOP_E(\lambda_{i+1})) \\ \lambda_0 &= (\lambda_i + \lambda_{i+1}) / 2 \\ \Delta\lambda &= \lambda_{i+1} - \lambda_i\end{aligned}$$

$\Delta\tau$ DGD in ps

$\Delta\Omega$ Kreisbogen auf der Poincaré-Kugel

20

Die nun vorliegenden Einzelwerte $\Delta\tau(\lambda_i)$ werden sinnvoll zu einem quadratischen Mittelwert zusammengefasst, der ein zuverlässiges Maß für die PMD-Verzerrung darstellt:

$$\langle \Delta\tau \rangle = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta\tau^2(\lambda_i)}$$

25

Gegenüber den bekannten Lösungen der konventionellen PMD-Messgeräte, die entweder nach der interferometrischen Methode oder nach dem Jones-Matrix Verfahren arbeiten und pro Messung zwischen einigen zehn Sekunden

30

oder bzw. einigen Minuten benötigen, sehr voluminös sind und mit während der Messung zu bewegend Bauteilen arbeiten, hat die erfindungsgemäße Lösung den Vorteil, in Quasi-Echtzeit die Veränderungen der PMD z.B. von Faserstrecken, zu detektieren. Die erfindungsgemäße Anordnung ermöglichen ferner die Berechnung der wellenlängenabhängigen Stokes-Parameter. Durch die Verwendung des schnell und wahlfrei abstimmbaren lokalen Lasers und der Verwendung schnell reagierender Polarisations-Stellelemente ist der Aufbau eines PMD-Monitors möglich, der in wahlfrei selektierbaren Teilbereichen innerhalb des gesamten Wellenlängenbereichs mit unterschiedlichen Auflösungen arbeitet. Darüber hinaus handelt es sich um eine Lösung geringer Baugröße sowie um eine Lösung ohne bewegte Bauelemente, so dass Echtzeit-PMD-Überwachungssysteme mit besonders langer Lebensdauer realisiert werden können.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, in der zeigen:

- Fig. 1 ein prinzipielles Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Messung der PMD,
- Fig. 2 eine Abwandlung des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels mit einem Balance-Mischer,
- Fig. 3 eine Abwandlung des in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiels mit einem Polarisationssteller,
- Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel mit Polarisationsdi-

- versity-Empfänger und Balance-Mischer,
Fig. 5a schematisch die Darstellung der spektralen
Leistungsverteilung eines Datensignals,
Fig. 5b die Wellenlängenabhängigkeit der Polarisati-
5 onszustände für ein Signal ohne PMD-
Verzerrungen,
Fig. 5c die Wellenlängenabhängigkeit der Polarisati-
onszustände bei Vorhandensein von starken
PMD-Verzerrungen,
10 Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel des piezoelektrischen
Polarisationsstellers des PMD-Monitors, und
Fig. 7 ein erfindungsgemäßen PMD-Monitor als zentra-
les Bauelement eines PMD-Kompensators.

15 Darstellung von Ausführungsbeispielen

- Fig. 1 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel
einer erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Messung der
PMD, dem Folgenden auch als PMD-Monitor bezeichnet
wird. Ein lokaler, abstimmbarer Laser (2), vorteilhaft
20 ein elektronisch abstimmbarer Distributed-Bragg-
Reflector-Laser (DBR-Laser) oder ein elektronisch ab-
stimmbarer Distributed-Feedback-Laser (DFB-Laser), wird
von einer Steuer- und Regelungseinheit (3) so abge-
stimmt, dass der Wellenlängenbereich der Abstimmung das
25 Spektrum eines zu analysierenden Signals (1) einer Ü-
bertragungsstrecke überstreicht. Die Polarisation des
Lokallasers (2) wird mit Hilfe eines Polarisationsstel-
lers (4) auf die zur Bestimmung der PMD notwendigen
vier verschiedenen Polarisationszustände eingestellt.
30 In einem optischen Koppler (5), der zweckmäßigerweise
ein 3dB-Koppler ist, wird das zu analysierende Signal
(1) mit der Strahlung des lokalen Lasers (2) summiert.

Im folgenden optoelektronische Empfänger (6), vorteil-
hafterweise eine Photodiode, entsteht ein elektrisches
Überlagerungssignal. Eine HF-Filter- und Bewertungsein-
heit (7) begrenzt die Bandbreite des Überlagerungssig-
nals, filtert unerwünschte Basisbandsignale aus und
5 stellt das Messsignal der nachfolgenden Steuer- und Re-
gel- und Recheneinheit (3) zur Verfügung. Diese analy-
siert den Verlauf der Messgröße bei den verschiedenen
Polarisationen und Wellenlängen des Lokallasers (2).
10 Als Ergebnis dieser Berechnungen wird ein Stellsignal
(8) generiert, das proportional zur PMD-Verzerrung des
zu analysierenden Eingangssignals (1) ist und das zur
Steuerung einer PMD- Kompensatoreinheit geeignet ist.
Der Vorteil einer solchen Anordnung mit einem elektro-
15 nisch durchstimmbaren Halbleiterlaser besteht darin,
dass die Abstimmung auf die unterschiedlichen Frequen-
zen erstens sehr schnell und zweitens mit wählbarer Ab-
stimmteilheit erfolgen kann und somit Bereiche erhöh-
ter Informationsdichte mit erhöhter Auflösung behandelt
20 werden können. Dies ist im Sinne eines Smart-Monitors
wünschenswert.

In der Anordnung nach Fig. 2 ist der optoelektronische
Empfänger durch einen optoelektronischen Balanceempfän-
25 ger (9) ersetzt, in dem die Basisbandanteile der opti-
schen Signale weitgehend unterdrückt werden. Diese An-
ordnung zeichnet sich durch einen höheren Dynamikbe-
reich aus.

30 In einer dritten Anordnung nach Fig. 3 kann die Bereit-
stellung der notwendigen unterschiedlichen Polarisati-
onszustände für die optoelektronische Überlagerung da-

durch erreicht werden, dass der Polarisationssteiler (4) nicht im Zweig des lokalen Lasers (2) angeordnet ist, sondern im Zweig des Eingangssignals (1).

5 In einer Anordnung nach Fig. 4 wird beispielhaft die Umschaltung der Polarisationszustände dadurch umgangen, dass ein Polarisationsdiversity-Empfänger (12) verwendet wird, der Strahlteiler (10, 11) mit Polarisationsfiltereigenschaften enthält.

10

Figur 5a zeigt sinnbildlich die Darstellung des Spektrums $P_{Eges}(\lambda)$ des Eingangssignals.

Fig. 5b zeigt die Polarisationskonstanz über den betreffenden Wellenlängenbereich im Falle fehlender PMD bzw.
15 bei vollständig kompensierter PMD.

In Fig. 5c sind die Verläufe unterschiedlicher Polarisationen der Spektralanteile im Fall von starker PMD
20 dargestellt.

In Fig. 6 ist der schematische Aufbau des Polarisationsstellers (4) innerhalb des PMD-Monitors in einer Ausführung aus Faserquetschern mit Piezo-Elementen dargestellt.
25 Das Licht des lokalen Lasers (2) kann mittels zweier, gegeneinander um 45° gedreht angeordneten Piezo-Faserquetscher (13) und (14) in jede beliebige Ausgangspolarisation gebracht werden. Ein Faserkoppler (15) stellt den Hauptteil der Gesamtleistung am Ausgang
30 (21) zur Verfügung und zweigt einen kleinen Teil für die Polarisationskontrolle ab. Ein weiterer Piezo-

Faserquetscher (16) wird von einem Signalgenerator (17) moduliert. Der Polarisator (18) ist gegenüber dem Piezo-Faserquetscher (16) um 45° gedreht angebracht. Das in seiner Polarisationsrichtung modulierte Licht er-
5 langt durch den Polarisator (18) eine Amplitudenmodulation, die von dem optischen Empfänger (19) analysiert wird. Das Messsignal, welches die Modulationsamplitude widerspiegelt, gelangt auf die Auswerte- und Steuereinheit (20).

10

Die beiden Piezo-Faserquetscher (13) und (14) werden so angesteuert, dass die Modulationsamplitude am Empfänger (19) zu null wird. Das ist der Fall, wenn die Polarisationsrichtung am Piezo-Faserquetscher (16) genau horizontal oder
15 vertikal (Eigenmoden des doppelbrechenden Faserelementes) eingestellt ist. Am Ausgang (21) der Anordnung entstehen, bedingt durch die intrinsische Doppelbrechung von Verbindungsfasern und Koppler (15) zwei veränderte Polarisationen, die jedoch in ihrer Orthogonalität zueinander unverändert sind.
20

Für das Erreichen der horizontalen (1,0,0) bzw. vertikalen (-1,0,0) Polarisationsrichtung am Piezo-Faserquetscher (16) sind für die Piezo-Faserquetscher (13) und (14) je
25 zwei definierte Steuerspannungen notwendig. Sind diese Spannungen bekannt, können durch mathematische Ableitungen die erforderlichen Steuerspannungen für die Polarisationsrichtungen 45° schräg (0,1,0) und zirkular rechts (0,0,1) berechnet werden.

30

Die Auswerte- und Steuereinheit (20) fährt für das Ausführungsbeispiel des Monitors nach Fig. 1 nacheinander

die je 4 Steuerspannungen für die Piezo-Faserquetscher (13) und (14) an und erzeugt somit die 4 erforderlichen Polarisationen für die Bestimmung der Stokes- Parameter nach dem beschriebenen Verfahren.

5

Figur 7 zeigt beispielhaft die Anwendung des PMD-Monitors als zentrales Bauelement eines PMD-Kompensators in einem optischen Übertragungssystem für hohe Datenraten. Das vor einer Datenquelle (22) modulierte
10 Signal des Sendelasers (23) gelangt über eine Übertragungsstrecke (24) in diesem Beispiel zu dem Ort, an dem die Stokes-Parameter ermittelt werden sollen, in diesem Beispiel soll das am Empfangsort sein. Eine dort vor dem Demodulator angeordnete PMD-Kompensationseinheit
15 (25) wird bei Ansteuerung von der Regelungseinheit (29) die PMD der Übertragungsfaser (24) kompensieren. Dazu wird, bevor das Signal den Demodulator (27) erreicht, mittels eines Kopplers (26), ein geringer Teil des Nutzsignals abgezweigt, welcher im PMD-Monitor (28) a-
20 nalysiert wird- Das Ausgangssignal des PMD-Monitors (28) steuert über die Regelungseinheit (29) den PMD-Kompensator.

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Vorrichtung zur Erfassung der PMD von optoelektronischen Übertragungsstrecken,
 dadurch gekennzeichnet, dass ein schmalbandiger
 abstimmbarer Laser, dessen Strahlung mit der
 Strahlung der zu analysierenden Übertragungsstrecke
10 überlagert wird, und ein optoelektronischer Heterodynempfänger vorgesehen sind, der das überlagerte Signal empfängt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet, dass der Laser ein elektronisch durchstimmbarer DBR-Laser oder ein DFB-Laser ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet, dass ein Polarisationssteller vorgesehen ist, der die Polarisationsrichtung des Lasers in Bezug auf die Polarisationsrichtung der zu analysierenden Strahlung einstellt.
- 25 4. Vorrichtung nach Anspruch 3,
 dadurch gekennzeichnet, dass der Polarisationssteller ein piezoelektrischer Steller ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4,
30 dadurch gekennzeichnet, dass der Polarisationssteller entweder im Signalzweig oder im Zweig des Lasers angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Heterodynempfänger ein nichtlinearer optoelektronischer Empfänger
5 und insbesondere eine Fotodiode ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Empfänger ein Balance-Empfänger ist.
10
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Empfänger ein Polarisations-Diversity-Empfänger ist.
- 15 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Steuer- und Auswerteeinheit vorgesehen ist, die aus dem Verlauf der detektierten Intensität der Mischprodukte für unterschiedliche Polarisationen der Strahlung zueinander in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein
20 Maß für die Polarisations-Moden-Dispersion (PMD) berechnet.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
25 dadurch **gekennzeichnet**, dass sie in einer Anordnung zur PMD-kompensation eingesetzt wird.

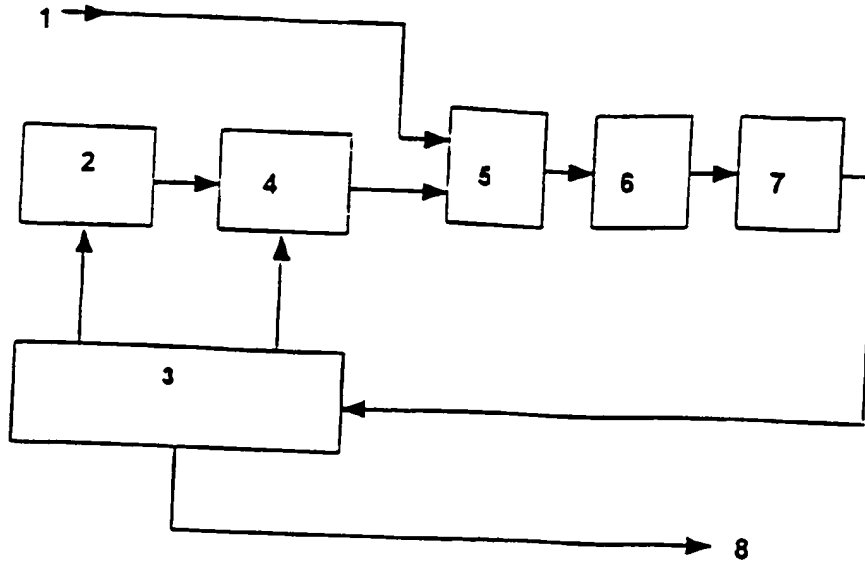


Fig. 1

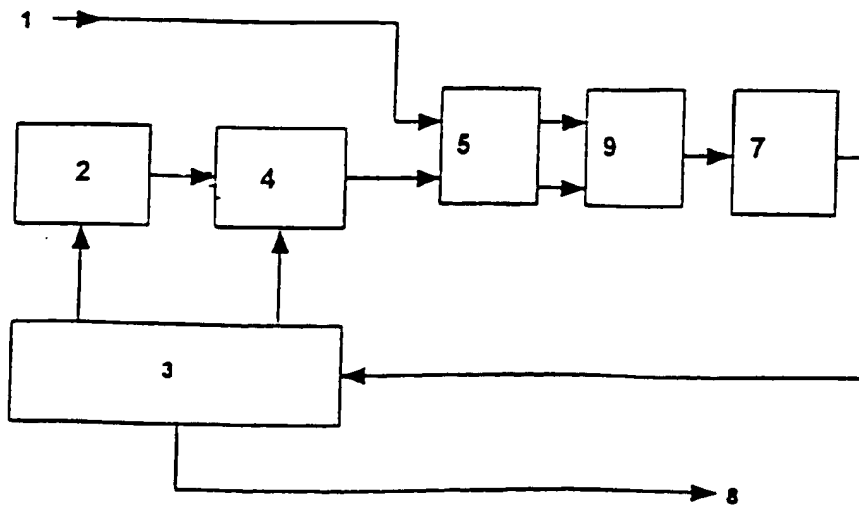


Fig. 2

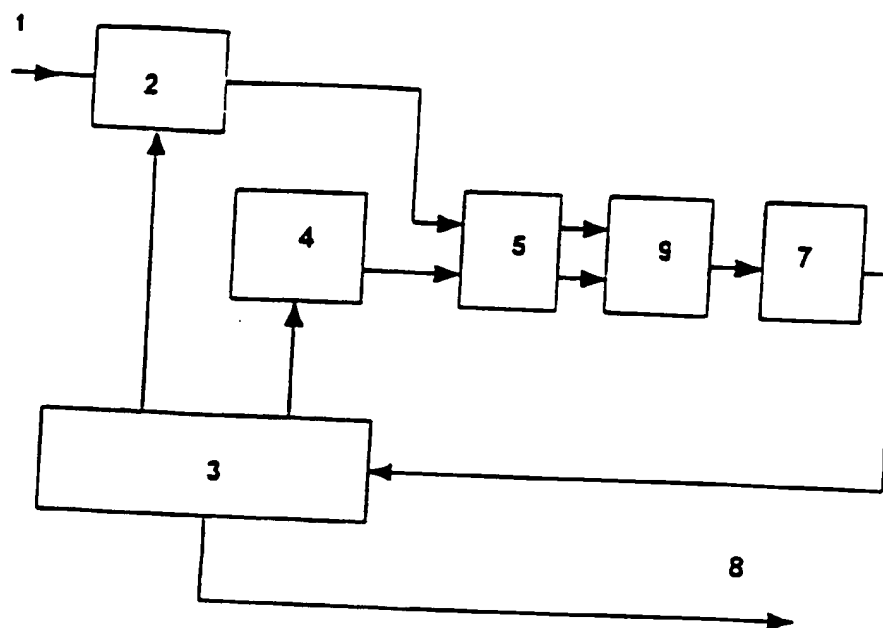
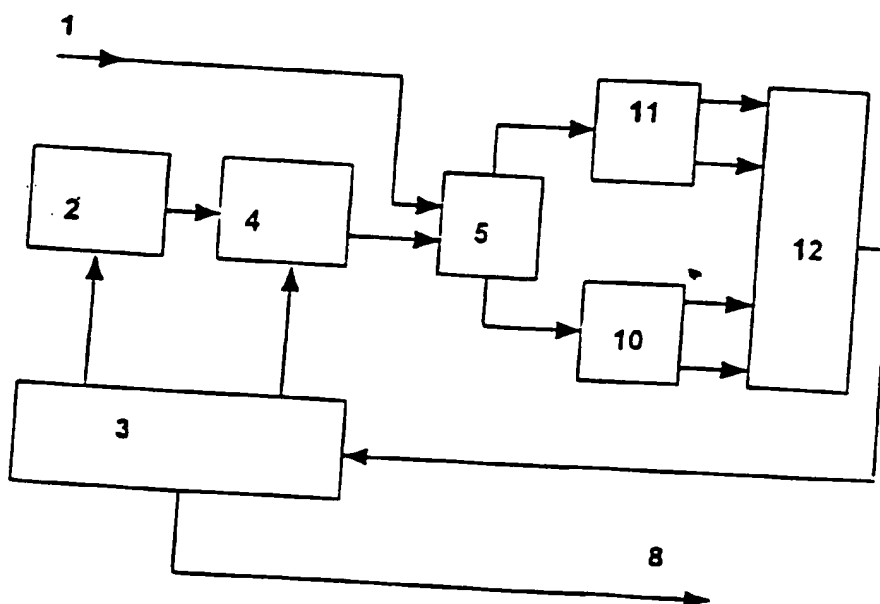


Fig. 3



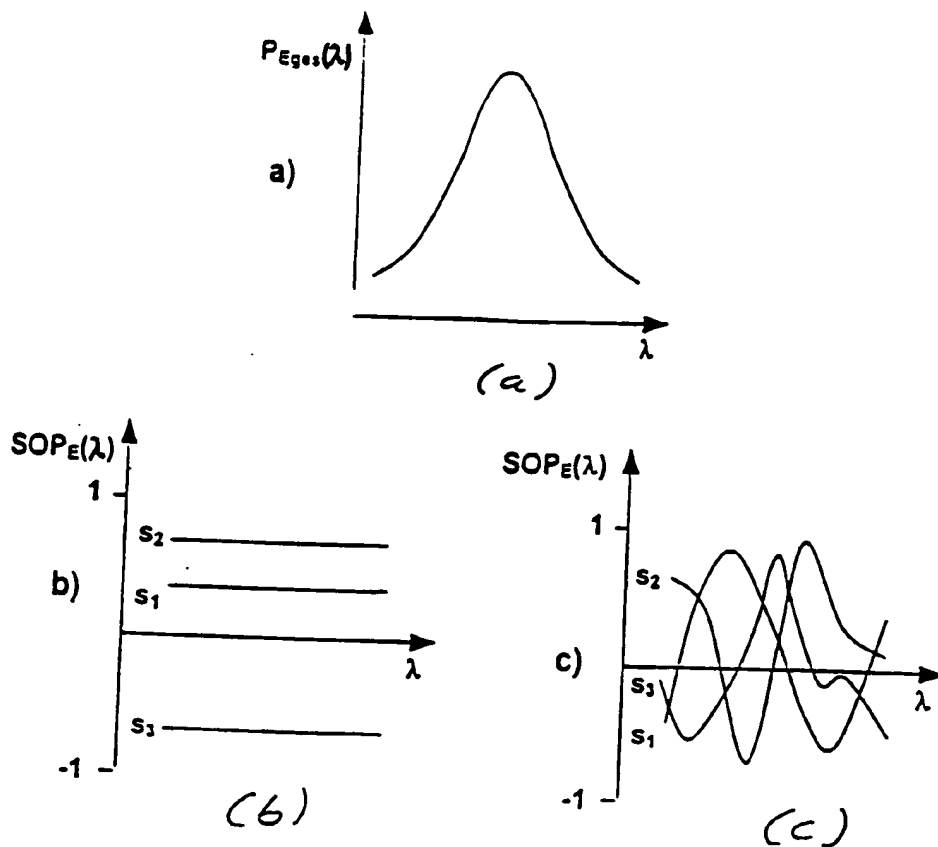


Fig. 5

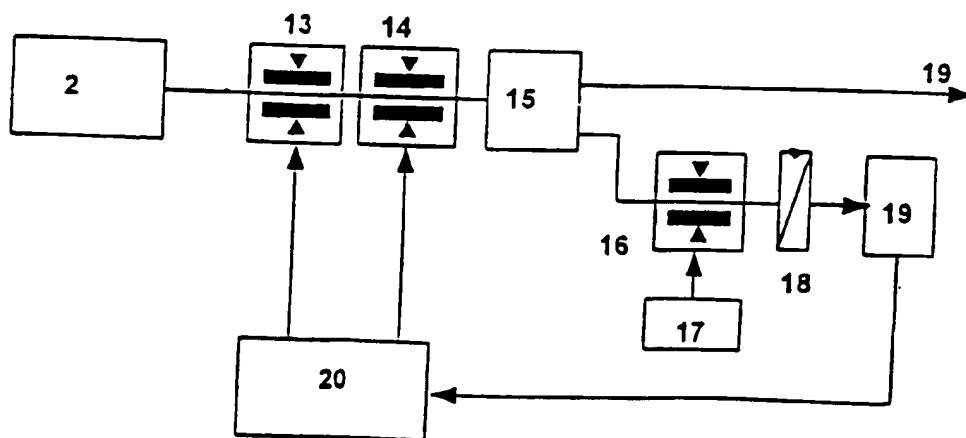


Fig. 6

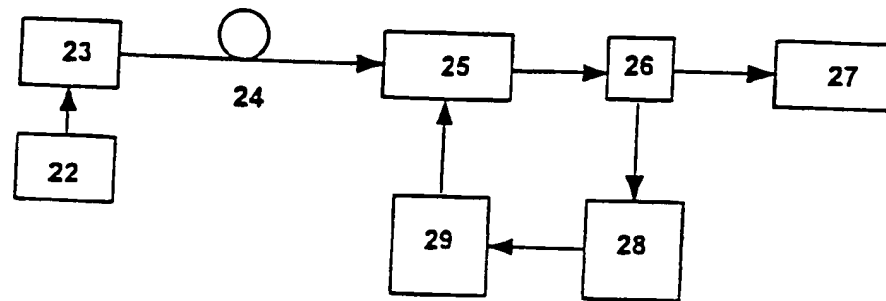


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/00814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/18 G01M11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 964 237 A (FUJITSU LTD) 15 December 1999 (1999-12-15) page 6, line 22, paragraph 32 - line 24 page 28, paragraph 216 -page 29, paragraph 228 figure 24	1-10
Y	US 5 896 211 A (WATANABE SHIGEKI) 20 April 1999 (1999-04-20) column 10, line 39 - line 43 column 13, line 40 -column 14, line 33 figure 18	1-10
P,Y	WO 00 77956 A (FIBERSPACE INC) 21 December 2000 (2000-12-21) claims 5-7 figures 4-7	1-10
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 July 2001

Date of mailing of the international search report

06/08/2001

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Carrasco Comes, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/00814

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	OKOSHI T ET AL: "NEW POLARISATION-CONTROL SCHEME FOR OPTICAL HETERODYNE RECEIVER USING TWO FARADAY ROTATORS" ELECTRONICS LETTERS,GB,IEE STEVENAGE, vol. 21, no. 18, 29 August 1985 (1985-08-29), pages 787-788, XP000560613 ISSN: 0013-5194 page 787, right-hand column -page 788, left-hand column figure 1 -----	1-8
A	EP 0 260 745 A (PHILIPS NV) 23 March 1988 (1988-03-23) page 6, line 27 -page 7, line 17 figures 4-6 -----	7,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

I. International Application No

PCT/DE 01/00814

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0964237	A	15-12-1999	CN	1249813 T	05-04-2000
			WO	9928723 A	10-06-1999
US 5896211	A	20-04-1999	JP	2838839 B	16-12-1998
			JP	4123542 A	23-04-1992
			JP	2775692 B	16-07-1998
			JP	4157822 A	29-05-1992
			CA	2051325 A	15-03-1992
			EP	0477699 A	01-04-1992
			EP	0772312 A	07-05-1997
			EP	0772313 A	07-05-1997
WO 0077956	A	21-12-2000	AU	5332200 A	02-01-2001
EP 0260745	A	23-03-1988	NL	8602350 A	18-04-1988

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00814

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B10/18 G01M11/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 964 237 A (FUJITSU LTD) 15. Dezember 1999 (1999-12-15) Seite 6, Zeile 22, Absatz 32 - Zeile 24 Seite 28, Absatz 216 -Seite 29, Absatz 228 Abbildung 24	1-10
Y	US 5 896 211 A (WATANABE SHIGEKI) 20. April 1999 (1999-04-20) Spalte 10, Zeile 39 - Zeile 43 Spalte 13, Zeile 40 -Spalte 14, Zeile 33 Abbildung 18	1-10
P,Y	WO 00 77956 A (FIBERSPACE INC) 21. Dezember 2000 (2000-12-21) Ansprüche 5-7 Abbildungen 4-7	1-10
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

g Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Juli 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/08/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Carrasco Comes, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00814

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	OKOSHI T ET AL: "NEW POLARISATION-CONTROL SCHEME FOR OPTICAL HETERODYNE RECEIVER USING TWO FARADAY ROTATORS" ELECTRONICS LETTERS,GB,IEE STEVENAGE, Bd. 21, Nr. 18, 29. August 1985 (1985-08-29), Seiten 787-788, XP000560613 ISSN: 0013-5194 Seite 787, rechte Spalte -Seite 788, linke Spalte Abbildung 1 ----	1-8
A	EP 0 260 745 A (PHILIPS NV) 23. März 1988 (1988-03-23) Seite 6, Zeile 27 -Seite 7, Zeile 17 Abbildungen 4-6 -----	7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Internationales Aktenzeichen
 PCT/DE 01/00814

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0964237	A	15-12-1999	CN	1249813 T	05-04-2000
			WO	9928723 A	10-06-1999
US 5896211	A	20-04-1999	JP	2838839 B	16-12-1998
			JP	4123542 A	23-04-1992
			JP	2775692 B	16-07-1998
			JP	4157822 A	29-05-1992
			CA	2051325 A	15-03-1992
			EP	0477699 A	01-04-1992
			EP	0772312 A	07-05-1997
			EP	0772313 A	07-05-1997
WO 0077956	A	21-12-2000	AU	5332200 A	02-01-2001
EP 0260745	A	23-03-1988	NL	8602350 A	18-04-1988

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)